

OPERAÇÃO DE POÇOS DE REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA NA MINERAÇÃO A CÉU ABERTO E SUAS IMPLICAÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS¹

José Fernando Miranda²
 Samuel Oliveira Lamounier³
 Rafaella Bicalho da Rocha³

Resumo

À medida que a lavra de mina a céu aberto vai avançando, o aprofundamento da escavação pode interceptar o nível do lençol freático. Neste caso, a água armazenada no aquífero invadirá a escavação impossibilitando a continuidade das atividades mineiras. Para viabilizar a continuidade das operações necessárias ao aproveitamento da porção do corpo mineral que continua nas cotas inferiores a do nível freático, a operação de rebaixamento do nível d'água torna-se fundamental. A operação de rebaixamento do nível freático, feita através da instalação de uma bateria de poços, que operando todos em conjunto, possibilita o rebaixamento necessário do nível d'água, antes de comprometer as operações em andamento. Conforme a área de influência do empreendimento mineiro, transtornos sócio ambientais de grandes proporções, com possibilidades de interferência até no regime hídrico regional podem ocorrer, se não observadas as normas técnicas de instalação e operação e os regulamentos ambientais pertinentes. Constata-se assim, a importância do uso deste dispositivo na mineração a céu aberto, para consecução da exploração mineral, desde que observadas as implicações ambientais decorrentes desta operação nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento minerário, visando a prevenção de danos ambientais. Neste contexto, o presente trabalho vem discorrer sobre a instalação e operação de poços de rebaixamento de águas profundas observando as implicações técnicas, ambientais e legais deste dispositivo para viabilizar a exploração mineira, no Brasil sem, no entanto, pretender discutir o assunto em sua totalidade.

Palavras-chave: Rebaixamento do nível freático; Exploração mineral; Operações mineiras; legislação ambiental

OPERATION OF DECREASING WATER LEVEL WITH WELLS IN MINNING OPEN SKY ENVIRONMENTAL AND SOCIALS IMPLICATIONS

Abstract

As the mining of the open pit progresses, the depth of the excavation can intercept the groundwater level. In this case, the water stored in the aquifer can invade the excavation preventing the continuation of mining activities. To facilitate continuity of operations necessary to use the portion of the ore body continues in quotas below the water table, the operation of lowering the water level becomes critical. The operation of lowering the water table by installing a battery of wells, which operate jointly, the necessary permits lowering of the water level before compromising ongoing operations. As the area of influence of mining enterprise, social environmental disorders major, with the possibility of interference by the regional water system may occur, if not in compliance with the technical standards of installation and operation, and relevant environmental regulations. It appears so, the importance of using this device in open pit mining, mineral exploitation for achieving, with due regard to the environmental implications arising from this operation in the areas of direct and indirect influence of the mining venture, aimed at preventing environmental damage.

In this context, the present work will discuss the installation and operation of wells deepwater lowering observing the technical, environmental and legal this device to enable the exploitation mining in Brazil without, however, want to discuss the matter in its entirety .

Key words: Decreasing water level; Mineral exploitation; Minning operations; Environmental legislation.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Graduado em Engenharia de Minas pela Univesidade Federal de Ouro Preto (1991). Professor. do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. j.miranda@demin.ufop.br*

³ *Discente de graduação. DEMIN/EM/UFOP. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. smlamounier@yahoo.com.br; rafaella.b.rocha@gmail.com*

1 INTRODUÇÃO

A água é o bem mineral mais importante existente em nosso planeta. Ela, além de possibilitar a existência de várias formas de vida, também é um insumo indispensável à maioria dos empreendimentos industriais e agrícolas.

Com a indústria mineral não é diferente, o seu uso é essencial nas operações de beneficiamento de minério. Entretanto, a água algumas vezes pode ser um fator complicador ou mesmo inviabilizador das operações mineiras necessárias ao aproveitamento industrial de uma jazida.

Isso ocorre quando o corpo mineral a ser lavrado ultrapassa, em profundidade, o nível freático e a água armazenada no aquífero começa a fluir e se acumular no fundo da cava da mina.

Outros problemas causados pela água na cava incluem o atolamento de equipamentos de escavação e transporte e o aumento do custo de transporte, maior custo de desmonte dada a necessidade de uso de explosivos especiais, maiores custos de manutenção de estradas da mina e locais de escavação, redução da vida útil dos pneus de caminhões fora de estrada, perda de produção, riscos de acidente com cabos energizados, ambiente insalubre de trabalho devido a alta umidade, instabilidade de taludes com riscos de acidentes pessoais ou materiais, impedimento de acessos em razão de possíveis inundações e maior custo de capital em equipamentos especiais.⁽¹⁾

Para que o empreendimento mineiro não seja inviabilizado por altos custos operacionais ou mesmo por inundação das frentes de lavra, há a necessidade de se implantar um sistema capaz de explotar uma vazão de água maior que a capacidade de recarga do aquífero, para que, dessa forma, o nível d'água assuma cotas inferiores a do nível freático possibilitando a continuidade das operações de lavra.

Isto pode ser feito através da instalação e operação simultânea de uma bateria de poços tabulares profundos, que utilizam bombas capazes de transferir a água armazenada no aquífero para outros locais. Entretanto, apesar de permitir o aproveitamento da porção do corpo mineral situado abaixo do nível freático, este sistema tem custos de instalação e operação altos, o que resulta num aumento direto do custo de produção do minério, fato que deve ser levado em conta no plano de aproveitamento econômico da jazida.

Além dos aspectos técnicos e econômicos considerados para a implantação e operação deste dispositivo, os aspectos sócio-ambientais e legais não podem, de forma alguma, serem negligenciados.

Dentro da área de influência do rebaixamento do nível freático, problemas como subsidência do terreno, redução parcial ou total da vazão de nascentes, inviabilização de outros empreendimentos industriais, agrícolas, ou até mesmo do abastecimento de cidades e comunidades dependentes do aquífero a ser rebaixado, podem ocorrer se as normas técnicas e ambientais pertinentes não forem respeitadas. Por isso é importante a realização de estudos hidrogeológicos e geotécnicos confiáveis, estudos sobre possíveis impactos desta operação em outras atividades dependentes deste aquífero, a instalação de piezômetros para monitoração do nível d'água e monitoração de nascentes afetadas, para que o empreendimento não seja responsabilizado nem penalizado por problemas sócio-ambientais resultantes de um projeto mal elaborado.

Com o intuito de mitigar os transtornos sócio-ambientais causados por esta operação indispensável ao aproveitamento econômico mineral em várias minas a céu aberto, apresentam-se discutem-se aspectos técnicos, sócio-ambientais, legais

e estudo de caso, em que uma mina realizou o rebaixamento sem agredir de forma irreversível e impactante o meio ambiente e comunidades vizinhas ao empreendimento.

2 REBAIXAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA

O rebaixamento de aquífero pode ser praticado através de uma bateria de poços tubulares que, operando simultaneamente, retiram do aquífero, na área a ser lavrada, um volume d'água superior a sua capacidade de recarga.

Um poço tubular operando sozinho provoca sobre o aquífero um rebaixamento (s) que varia ao longo do raio de influência (R) do cone de rebaixamento que este provoca. O rebaixamento é tanto maior quanto mais próximo ao poço bombeado e tanto menor quanto mais afastado deste. Em um ponto qualquer fora do raio de influência o aquífero não sofre mais interferência em seu nível freático em consequência do bombeamento do poço. Logo, para se rebaixar o nível freático de uma área grande observa-se a necessidade de mais poços de bombeamento.

Segundo Feitosa e Manoel Filho,⁽²⁾ considerando-se dois poços próximos sendo bombeados simultaneamente, cada um deles sofrerá um acréscimo de rebaixamento (interferência) devido a expansão do cone de depressão do outro poço, conforme ilustrado na Figura 2. Numa bateria de poços, cada poço sofrerá a influência de todos os outros.

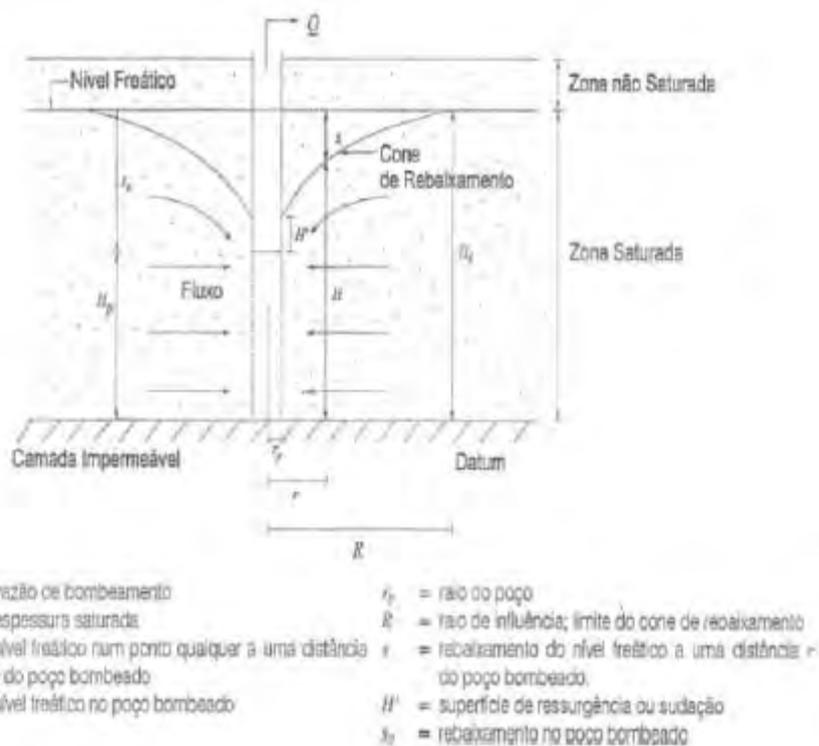


Figura 1: Poço Bombeado num aquífero livre.⁽²⁾

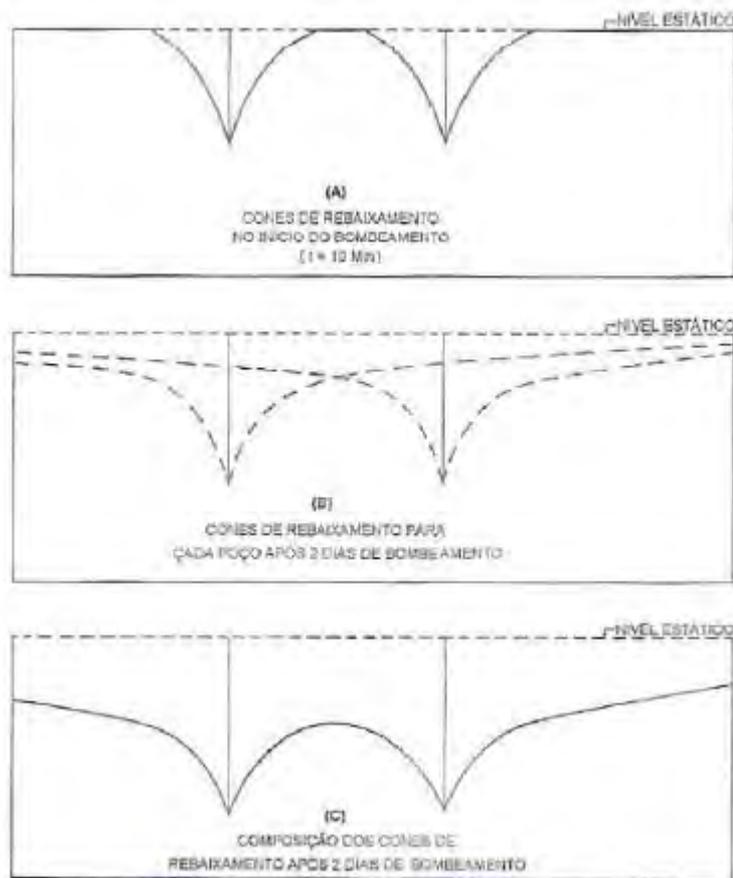


Figura 2: Interferência múltipla entre poços.⁽²⁾

O rebaixamento (s) num ponto qualquer, será o somatório dos rebaixamentos provocados por cada um dos poços de bombeamento, como mostrado a seguir:

$$s = \sum_{i=1}^n Q_i Z(r_i t_i)$$

onde:

Q_i = vazão de bombeamento do poço i ;

r_i = distância do ponto de rebaixamento s_i ao centro do poço i ;

t_i = tempo de bombeamento do poço i ;

Z = função do poço para o respectivo aquífero.

Ainda, segundo Feitosa e Manoel Filho,⁽²⁾ com base neste princípio e considerando uma bateria de poços em operação, a metodologia para a determinação do rebaixamento total e das interferências existentes em cada poço é a seguinte:

- Construir uma matriz de distância dos poços da bateria, tal como ilustrado abaixo:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	...	P _n
P ₁	r ₁₁	r ₁₂	r ₁₃	r ₁₄	...	r _{1n}
P ₂	r ₂₁	r ₂₂	r ₂₃	r ₂₄	...	r _{2n}
P ₃	r ₃₁	r ₃₂	r ₃₃	r ₃₄	...	r _{3n}
P ₄	r ₄₁	r ₄₂	r ₄₃	r ₄₄	...	r _{4n}
.
.
.
P _n	r _{n1}	r _{n2}	r _{n3}	r _{n4}	...	r _{nn}

Figura 3. Matriz de distância dos poços da bateria.⁽²⁾

- Utilizando as fórmulas específicas para cálculo de rebaixamento, em função do tipo de aquífero em questão, construir uma matriz de rebaixamentos, como mostrado a seguir:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	...	P _n
P ₁	s ₁₁	s ₁₂	s ₁₃	s ₁₄	...	s _{1n}
P ₂	s ₂₁	s ₂₂	s ₂₃	s ₂₄	...	s _{2n}
P ₃	s ₃₁	s ₃₂	s ₃₃	s ₃₄	...	s _{3n}
P ₄	s ₄₁	s ₄₂	s ₄₃	s ₄₄	...	s _{4n}
P _n	s _{n1}	s _{n2}	s _{n3}	s _{n4}	...	s _{nn}
$\sum_{i=1}^n s_{ni}$	s ₁ P ₁	s ₁ P ₂	s ₁ P ₃	s ₁ P ₄	...	s ₁ P _n
$\sum_{i=1}^n s_{ni} - s_{ii}$	Interf. P ₁	Interf. P ₂	Interf. P ₃	Interf. P ₄	...	Interf. P _n

Figura 4: Matriz de rebaixamentos.⁽²⁾

- O rebaixamento total em cada poço (st P_i), será o somatório do rebaixamento no próprio poço bombeado (s_{ii}) com as interferências existentes, representadas pelos rebaixamentos causados por todos os outros poços da bateria (s_{ni-s_{ii}}).

Ressalta-se que as equações utilizadas para o cálculo de rebaixamento diferem entre si em função do aquífero (se livre ou confinado; granular, cárstico ou fissural).

3 ASPECTOS LEGAIS NO BRASIL

A operação de rebaixamento de aquífero é regulamentada. Os procedimentos legais para a permissão da instalação e operação destes não devem ser ignorados, visto que a partir Lei 9433, de 1997,⁽³⁾ a água é um bem de domínio público.

A Lei Federal nº 9433, de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos hídricos, baseada nos seguintes fundamentos:

- I. a água é um bem de domínio público;
- II. a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III. em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV. a gestão de recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade.

E com os seguintes objetivos:

- I. assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II. a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III. a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

E criou cinco instrumentos utilizados para alcançar os objetivos propostos por ela. Destes cinco, abordaremos dois: a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

De acordo com ANA⁽¹⁾ a determinação das águas como sendo de domínio público gerou a necessidade da utilização de uma forma de autorização do Estado para uso desses recursos hídricos por terceiros. Essa forma de autorização é apresentada na Lei Federal nº 9.433⁽³⁾ por meio do instrumento de outorga de direito de uso de recursos hídricos.

Ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) cabe estabelecer os critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos bem como a cobrança por seu uso. O inciso I do art. 2 da Resolução CNRH nº 29, de Dezembro de 2002, estabelece, para a atividade minerária, a captação d'água com a finalidade de rebaixamento de nível d'água, como uso de recurso hídrico sujeito a outorga.

A Constituição Federal de 1988 estabelece dois domínios para os corpos de água: o da União e os dos estados.⁽⁴⁾ Águas subterrâneas, de acordo com o inciso I do art. 26 da Constituição Federal de 1988, são de domínio dos estados. Então cabem autoridades outorgantes dos Estados e do Distrito Federal emitir as outorgas de direito de uso de recursos hídricos para a operação de um dispositivo de rebaixamento de nível d'água.

O instrumento de Cobrança Do Uso de Recursos Hídricos, de acordo com o art. 19 da Lei Federal 9.433, de 1997, objetiva: reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a acionalização da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Ainda, de acordo com o artigo 20 desta Lei, serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 da mesma.

Para a fixação do valor a ser cobrado, serão observados: nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e

seu regime de variação e as características físicoquímicas, biológicas e de toxicidade do afluente, art. 21 da Lei Federal 9.433.

A responsabilidade da cobrança pelo uso de recursos hídricos é da União quando o recurso hídrico sujeito a outorga é de domínio da União, cabendo a Agência Nacional de Águas implementar a cobrança e de responsabilidade dos Estados quando o recuso hídrico sujeito a outorga é de domínio do Estado, cabendo aos Órgãos Gestores Estaduais implementarem a cobrança.

Por serem de domínio dos Estados, às águas subterrâneas, de acordo com o inciso I do art. 26 da Constituição Federal de 1988, a cobrança pelo uso de recursos hídricos na operação de rebaixamento de nível d'água, é de competência dos Estados e do Distrito Federal.

Deste modo, é importante que os Estados sejam competentes e eficientes no uso destes instrumentos, para que os recursos hídricos sejam aproveitados de forma sustentável impedindo que outras atividades econômicas já existentes e o abastecimento urbano não sejam prejudicados por um projeto de rebaixamento de nível d'água planejado fora dos parâmetros admissíveis àquele aquífero.

4 ASPECTOS SÓCIO-AMBIENTAIS

A mineração é uma atividade indispensável. É um setor industrial responsável pelo fornecimento de insumo para diversos seguimentos industriais e essenciais para a sociedade moderna. Esta atividade indispensável à sociedade, por vezes é considerada uma atividade problemática e causadora de grandes impactos ambientais e conflitos sociais.

Imagem difundida e originada de um tempo onde a legislação arcaica e a falta de preocupação com questões sócioambientais geraram impactos sérios. Em termos gerais, os maiores problemas ambientais não se devem à mineração moderna, que dispõe de meios técnicos e recursos para controlar e minimizar os impactos gerados por suas atividades, de acordo com as legislações ambientais e atendendo às expectativas e reivindicações das populações locais.⁽⁵⁾

Ainda segundo, Cetem/MCT,⁽⁵⁾ o interesse de harmonizar a exploração dos recursos naturais com a preservação da natureza tem crescido de modo expressivo nos últimos anos entre as empresas do setor mineral. Esta nova forma de pensar e agir não são mais apenas fruto de pressões exercidas pelas autoridades: é uma ação própria, que reflete a inserção deste setor empresarial na expectativa da sociedade.

Nesse contexto, o rebaixamento do nível d'água como parte das operações necessárias a exploração mineral, deve considerar os impactos ambientais e sociais que podem ser gerados durante sua operação.

O rebaixamento de nível freático pode causar subsidência do terreno, redução parcial ou total da vazão de nascentes, inviabilização de outros empreendimentos industriais, agrícolas, ou até mesmo do abastecimento de cidades e comunidades dependentes do aquífero a ser rebaixado.

Dentre problemas causados pela subsidência da superfície podemos citar: trincas, deformações e até destruição de edificações, alteração no fluxo natural de água, tanto superficial como subterrânea. A diminuição da vazão de nascentes, córregos e rios, podem comprometer o abastecimento humano e outras atividades econômicas dependentes destas águas superficiais.

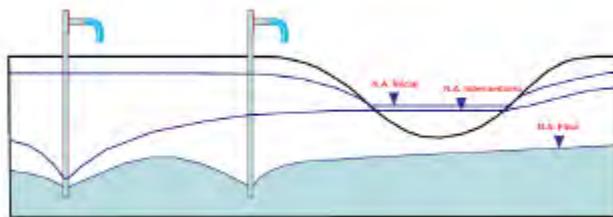


Figura 5. Representação esquemática da diminuição da vazão de água em um canal.

No planejamento desta operação, devem ser considerados todos estes riscos. Estudos hidrogeológicos e geotécnicos devem ser realizados. Devem ser observados, pelos órgãos outorgantes, os usos de recursos hídricos de outros empreendimentos e comunidades já existentes dentro da área de influência do rebaixamento, para que transtornos sociais e ambientais como os supracitados não ocorram.

É importante considerar que existem muitas formas de se viabilizar um rebaixamento de nível freático em harmonia com a comunidade vizinha e o meio ambiente.

Segundo ANA,⁽¹⁾ os aquíferos, no ambiente da mineração, são semelhantes àqueles que, em muitas ocasiões, são objeto de bombeamento para atender as demandas de água para abastecimento urbano, agrícola e industrial. Ainda, de acordo com ANA,⁽¹⁾ quando isso acontece, é necessário empregar a técnica de drenagem preventiva em avanço (DPA) que, de uma forma simplificada, consiste em se extrair água do aquífero em setores afastados a certa distância da lavra, de maneira que essas águas não sejam afetadas pelas operações da mina.

Dessa forma, consegue-se rebaixar o nível piezométrico, podendo-se obter ao mesmo tempo, uma água ótima para atender às demandas das operações da mina e a abastecimentos quaisquer. O que se torna um importante ativo que pode ser integrado à gestão de recursos hídricos.⁽¹⁾

5. ESTUDO DE CASO: MINA DE FERRO DE CAPÃO XAVIER

Essa mina, com reservas exploráveis de 140 milhões de toneladas de ferro de alto teor, está localizada no Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, a montante das captações para abastecimento urbano, e junto a uma mata tropical protegida. Tudo isso obrigou que fosse feito um planejamento de lavra muito cuidadoso para a preservação dos recursos hídricos e ambientais com o objetivo de minimizar o impacto da drenagem da mina e conseguir melhoras nas condições de gestão do aquífero.

Isso foi conseguido após um trabalho muito detalhado, com a compilação e o estudo de todas as informações meteorológicas, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas, que nos permitiram projetar os critérios de proteção hidrológica, mediante um sistema de drenagem preventiva em avanço (dez furos de drenagem e dezenas de piezômetros de controle), tudo isso sujeito a uma minuciosa normativa de controle e acompanhamento para compatibilizar a lavra da mina com o abastecimento da cidade.

A atuação foi focalizada em compatibilizar a drenagem com a manutenção da qualidade da água captada para o abastecimento da cidade de Belo Horizonte, incrementando as condições de garantia de fornecimento, otimizando a gestão hídrica, especialmente importante em uma área com pluviometria muito irregular,

variando entre menos de 500 mm e mais de 2880 mm/ano, com possibilidade de contribuir, com um ambiente lacustre para a biodiversidade da região.

Dessa forma, foi programada toda a atividade da mineração, desde seu início, para se dispor, ao término da vida da mina, de um lago na cava final (60 milhões de metros cúbicos de capacidade), com água de qualidade, que contribuirá para a biodiversidade dessa área e melhorará a paisagem.

A esse respeito, foram realizados estudos detalhados para evitar eutrofização e a salinidade das águas completados com o desenho de um sistema de gestão ambiental, para garantir os objetivos propostos e, especialmente, os efeitos positivos sobre os recursos hídricos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo abordar a operação de rebaixamento de nível d'água aplicado à mineração a céu aberto, apresentando algumas considerações técnicas e legais, do ponto de vista da legislação brasileira, e abordando implicações sócio-econômicas da operação deste.

De importância indiscutível à mineração, esta operação pode gerar problemas sócioambientais se não for devidamente planejado e executado. Entretanto, quando realizados os estudos necessários, respeitadas às regulamentações e restrições ambientais, utilizando-se um corpo técnico competente no planejamento desta operação, não só é possível realizar o rebaixamento, como harmonizar a extração mineral com a vizinhança e o meio ambiente. Podendo até, como no estudo de caso apresentado e em vários outros casos existentes, ter uma contribuição social importante, preservando os recursos naturais e ao mesmo tempo melhorando a imagem da empresa perante a sociedade.

Agradecimentos

Agradeço ao professor José Fernando Miranda pela orientação no trabalho e pela oportunidade e à UFOP pelo suporte para a elaboração do mesmo.

REFERÊNCIAS

- 1 AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) - A gestão dos recursos hídricos e a mineração. Brasília: ANA 2006. 334p.:il.
- 2 Feitosa, A. C. e Manoel Filho, J. - Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: PRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p: il.
- 3 BRASIL - LEI FEDERAL Nº 9433/97, disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm, acessado em 14/10/2011.
- 4 BRASIL - CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL/1988, disponível em www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf, acessado em 14/10/2011.
- 5 CENTRO DE TECNOLOGIAMINERAL Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 380 p.: il.